



新型模块式可视化模拟电路实验箱的研制

刘 杰¹, 文 斌², 袁懋结², 叶继伦^{1,2}, 刘昕宇^{1,2}

(1. 深圳大学 生物医学工程实验中心, 深圳 518060; 2. 深圳大学 生物医学工程学院, 深圳 518060)

摘要: 该文针对目前用于模拟电路课程实验、实践教学的实验箱存在可操作性不足、接线复杂、不易维护和综合性体现不足等问题, 介绍了一款成本低、操作方便、易于维护并具备可扩展的模块式可视化模拟电路实验箱, 以提升初学者的学习兴趣和教学质量。该实验箱能够完成《模拟电子技术基础》教材中的大部分模拟实验, 并可通过子板设计进一步扩展。同时通过配置主板上的微处理器所具有的模数转换、数模转换和串口通信等数字功能结合 PC 机系统软件, 进一步实现模拟电路实验的 PC 机端控制与显示, 提升模拟电路实验的可视化功能。实验结果表明, 该实验箱在可操作性、综合性和可视化方面优于市面上现有的模拟电路实验箱。

关键词: 模块式; 模拟电路实验; 可视化; 综合性

中图分类号: TN929.53

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20180421

Development of a New Modular Visual Analog Circuit Experiment Box

LIU Jie¹, WEN Bin², YUAN Maojie², YE Jilun^{1,2}, LIU Xinyu^{1,2}

(1. Biomedical Engineering Experiment Center, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China;

2. College of Biomedical Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China)

Abstract: Aiming at the problems of the current experimental box used for analog circuit course experiments and practical teaching, such as insufficient operability, complicated wiring, difficult maintenance, and insufficient comprehensive manifestation, this article introduces a low cost, convenient operation, easy maintenance, and scalable modular visual analog circuit experiment box to improve the learning interest and learning quality of beginners. This experiment box can complete most of the simulation experiments in the "Basics of Analog Electronic Technology" textbook, and can be further expanded by the sub-board design. At the same time, by configuring digital functions such as analog-to-digital conversion, digital-to-analog conversion, and serial port communication with the microprocessor on the motherboard and combining the PC system software, the PC-side control and display of the analog circuit experiment is further realized, and the analog circuit experiment is improved. Visualization. Experimental results show that the experiment box is superior to the existing analog circuit experiment boxes in terms of operability, comprehensiveness and visualization.

Key words: modular; analog circuit experiment; visualization; comprehensiveness

实践教学是高等教学中至关重要的一个环节, 其包括课程实验、科技项目、课外竞赛和毕业设计等, 其中课程实验是一个贯穿整个本科教学的课题, 对培养学生动手能力和工程意识至关重要。一些高校由学生在万用板上焊接搭建电路的方式完成实验, 这种方式下效率不高, 错误百出, 初学者难以排查, 无法得到预期的实验效果, 经常造成元器件的损坏和浪费, 难以回收以及不易管理等问题^[1]。某些高校配备着市场上专用的模拟电路实验箱, 但由于教学资源有限, 难以

满足本校实验需求和针对现有教材进行教学, 并且此实验箱连线复杂, 所配备的连接线时常损坏, 实验箱内部结构不直观, 没有配备清晰的电路图, 影响了学生对实验的理解以及知识的掌握。实验箱一旦损坏, 难以发现问题所在, 不易维护, 而且价格往往又比较昂贵。这些实验箱普遍存在着功能单一、综合性不足和不具备可视化功能等问题^[2]。

针对以上问题, 本文设计开发了一款成本低、易于维护并具备较强综合性的模块式可视化

收稿日期: 2018-09-10; 修回日期: 2019-01-18

作者简介: 刘杰(1994-), 硕士, 主要从事生命信息监护与支持方面的研究。

通信作者: 叶继伦(1964-), 博士, 教授, 主要从事生命信息监护与支持、医疗器械标准化与设计应用方面的研究。

E-mail: yejilun@126.com

模拟电路实验箱。首先实验箱采用了新的设计理念,采用模块式和可视化设计,整个实验箱分为母板和子板两部分,母板固定,子板可切换,学生可根据不同的实验课程更换不同的实验子板将其安装到相应的位置,另外亦可根据学校具体的教学情况设计新的实验子板,便解决了传统式实验箱与学校教学侧重点不同的难题^[3-5];实验箱功能较强,包含了电子电路中常见的模拟电路实验模块,其中模拟电路主要包括单管放大、整流、同相与反比例放大、滤波、积分、微分、矩形波振荡、光电阈值比较等典型模拟电路实验内容^[6-8],为了在PC端实现可视化,在系统的母板中增加了单片机^[9]。该实验箱更为突出的创新点在于将模拟电路和单片机实验有机的联合起来实现可视化功能。如可让单片机代替信号发生器给放大电路提供一个正弦波,经放大电路处理后用单片机将电路输出波形进行采集再通过串口通信将数据发送到PC机端软件显示波形,从而提升了整个系统的可视化程度。这便增强了对学生综合实践能力的培养,充分体现了实验箱的可扩展性和综合性的实验设计思想。

1 实验箱的设计思路

1.1 实验箱采用按压接触式安装

如图1所示,实验箱的母板主要由电源电路、保护电路、单片机部分和弹簧针连接器组成;子板则对应本科教材上的模拟电路实验。其新颖处在于母板上有9个弹簧针连接器构成一个按压可接触式支撑子板的正方形平面,设计示意图如图2所示。实验箱安装上定位铜柱并且子板上留下相应的定位孔,直接将子板对准定位柱安装即可,由此学生在实验过程中操作更加方便,不易出错,省去传统式实验箱复杂的连线步骤。

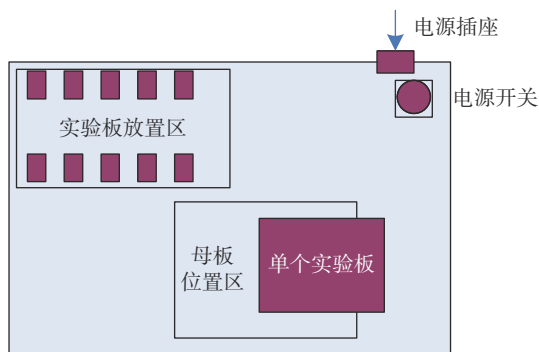


图1 试验箱设计示意图

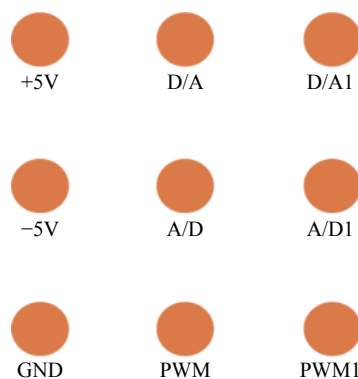


图2 弹簧连接器的示意图

图2中各圆点是弹簧针连接器的俯视图,±5V和GND表示电源,其余6个弹簧针连接器是从单片机引出的接口。

1.2 实验箱子板带有典型实验电路图

针对传统式实验箱上并未绘制此实验对应于教材上的电路图的缺点,该实验箱的实验子板采用正面电路图反面元器件的模式,将除电源指示灯外的元器件均布局在印刷电路板的反面,印刷电路板的正面则绘制此实验相应于教材上的电路图,使得学生在实验过程中能够快速回忆起理论课程内容,加深对知识的掌握,以及对实验内容理解,这样整个实验原理、核心点等就更加清晰易懂,易于入门,同时具有可扩展性,可以根据不同学校学生的水平进行适当的子板实验内容调整^[10-11]。

1.3 实验箱的可视化设计

实验箱有较强的可视化功能,是通过母板上微处理器及嵌入式软件以及PC机系统软件实现的,其中单片机中的嵌入式软件已经根据子板的模拟电路实验要求进行端口连接与配置,如串口、定时中断、A/D转换和D/A转换等^[12],可接受PC机系统软件的设置和改变,PC机系统软件则具有显示来自子板模拟电路实验的输入和输出信号,并通过串口连接与命令进行输入输出信号幅度、频率的改变,完成针对子板模拟实验的可视化功能。可视化的流程如图3所示。



图3 综合实验框图

图3是一个综合实验的例子,用单片机的D/A转换功能去替代信号发生器输出一个波形作为实

验子板的输入信号,再用单片机的 A/D 转换去采样子板输出的信号并将其采集到的信号通过串口发送到 PC 机端的系统软件实时绘制波形,以实现可视化设计。

2 实验箱的组成

实验箱结构上由母板、子板、子板放置区和电源等几部分组成,实验箱实物图如图 4 所示。



图 4 实验箱实物图

1) 电源

电源由实验箱电源和实验板电源两部分组成,将前者电源插孔安装在实验箱后面,将后者子板电源引到弹簧针连接器处。

实验箱电源选用的是电源适配器,其输入 220 V 交流电,输出 12 V/4 A 的直流电。实验母板部分将输入 12 V 的电源经过电源电路转换成 ± 5 V、3.3 V 和 2.5 V 共 3 个电源。并且实验板电源部分设计有电源保护电路,当输出短路时电压自动拉低,需要重启开关才可恢复正常,这可有效地防止实验箱损坏,提高实验箱寿命。

2) 母板

母板主要由电源电路和数字部分组成。电源部分将 ± 5 V 和 GND 分别连接到 3 个弹簧针连接器用于给实验子板供电;数字部分由 Stm32f103c8t6 和 Aduc7060 两款单片机构成。前者自带多通道 12 位数据采集系统,后者自带多通道 24 位数据采集系统,可满足不同的实验需求,并引出串口通信和定时器等在单片机上的接口,将一部分连接到弹簧针连接器以便接触到子板相对应的接触点。母板的主要作用在于:一是向子板提供电源;二是向子板发送波形,并采集由子板处理后的波形;三是通过与 PC 机系统的连接,在 PC 机上显示实验结果,以帮助学生理解实验。实验母板实物图如图 5 所示。



图 5 实验母板实物图

3) 子板

每块子板都包含两个典型模拟电路实验(如运算放大电路和有源滤波电路),所有子板均配有多个输入、输出端口,以及电源和地等,其中输入和输出可以与母板的 A/D 及 D/A 等端口进行连接,需要用到函数发生器的子板均配有 D/A 转换接口和定时器接口,其通过弹簧针连接器和单片机接口相连,以便于进行综合实验。实验子板的正面和反面实物图分别如图 6 和图 7 所示,其中正面画出实验电原理图,配和实验讲义,帮助学生理解实验原理和步骤,利用给出连接关系,开展模拟实验,而反面则是实现上述原理的各种电子器件的实物。



图 6 子板正面实物图

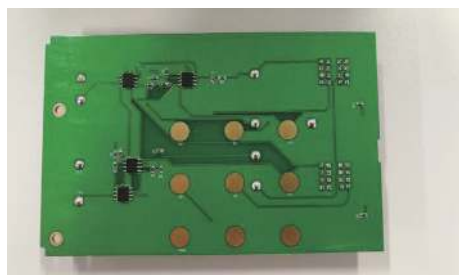


图 7 子板反面实物图

图 6 中的弹簧针连接器则为信号输入接口和信号输出接口;图 7 中的金色焊盘区域则为模板和子板之间的信号传递和电源传递区域。

4) 弹簧针连接器

弹簧针连接器是一种由针头和针管以及弹簧3个基本部件通过精密仪器铆压之后形成的弹簧式探针,弹簧针连接器如图8所示。其采用硬连接的方式实现信号传输,具有可伸缩性、稳定性及低阻抗,确保端口连接简单、可靠。



图8 弹簧针连接器

3 实验箱的功能

实验箱包括模拟和数字电路两大部分:模拟电路部分具体有放大、滤波、积分、微分、矩形波震荡、光电阈值比较等实验;数字部分具体有A/D转换、D/A转换、定时器、串口通信等功能。

放大模块包括基本共射级放大电路、同相比例放大器、反相比例放大器以及跟随器等;滤波模块包括一阶低通滤波电路、二阶高通滤波电路以及带通滤波电路等;比较器模块包括过零比较器以及迟滞比较器等;光电阈值比较模块是一个包含光电流放大、滤波、迟滞比较的综合实验模块。

数字部分电路主要是协助完成用于模拟电路实验的可视化功能,本实验箱选取ST和ADI公司的Stm32f103c8t6和Aduc7060两款单片机,其功能十分强大,内部均带有A/D、D/A、SPI以及I²C等外设接口,其功能包括A/D转换、D/A转换以及串口通信等,配合PC机的实验软件系统完成模拟电路实验的PC端控制与显示,实现模拟实验的可视化。

4 模拟电路实验箱应用说明

4.1 可视化实验操作

按所选定的模拟电路实验子板,将其安放在母板的固定装置上,通上电源,母板和模拟电路实验子板上都有发光二极管指示工作,启动可视化PC机端软件系统,即可实现该模拟电路实验信号输入和信号输出的显示。本文选定一个同相比例放大电路实验,模拟电路实验过程详解如下。

4.2 实际操作说明

此实验具体分为以下3个步骤。

1) 单片机模拟信号发生器

通过利用单片机的D/A转换功能使其模拟信号发生器输出各种波形,如模拟输出一个正弦波,在设计中将一个周期正弦波划分为200个数据存放在一个数组中,通过直接存储器访问(DMA)将数据搬运至D/A转换器的数据输出寄存器实现正弦波的输出,由定时器溢出来触发每一次数据搬运,定时器的周期便决定数据搬运的快慢,而且可通过修改定时器的定时时间来调节所输出正弦波频率。

2) 模拟电路处理部分

将产生的正弦波通过弹簧针连接器输入到实验子板的信号输入接口,此处以带有放大电路的实验子板为例,再将放大后的波形通过弹簧针连接器输入到单片机的A/D转换器接口。

3) 采样以及PC机端软件显示

运用单片机的A/D转换功能采集放大后的波形,通过定时器控制采样频率,而且采样时必须满足奈奎斯特采样定理,同时将采样到的数据通过串口发送到PC机端软件实时显示波形,从而实现可视化的操作,PC机端软件显示波形示意图如图9所示。

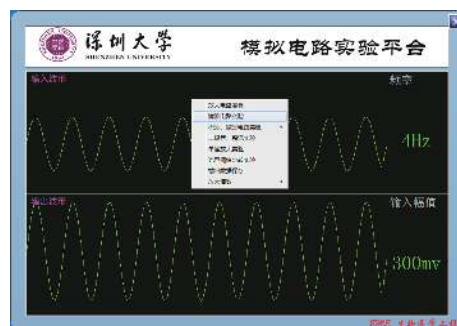


图9 PC端软件示意图

图9中,第一个波形对应实验子板的输入波形,第二个波形对应实验子板的输出波形,由此图可以很明显地观察到输入输出波形同相位,输出波形幅值比输入波形幅值大,非常直观地展示了同相比例运算放大电路的特性,只需加载实验子板和启动PC端实验系统软件即可看见上述实验结果,并且可以在PC端软件上修改下位机输入波形的频率和幅度,从而提升了整个模拟实验的可视化程度,同时右击PC端软件选择不同实验名称

以便此系统软件和下位机程序能够自动适应并满足所有实验子板的实验需求。

5 结束语

模拟电路实验是模拟电路理论教学环节的重要支撑,采用具有可扩展、可视化的模拟电路实验是加快本科生对模拟电路理解与实验验证的入门关键手段之一,课程的配套实验的目标在于培养学生工程素质和动手能力,实验条件是支撑这一环节的重要基础,加强模拟电路实验硬件的可靠性、简洁性、易操作性和综合性尤其重要。

因此,本文设计的模拟电路实验箱以模块化形式实现了典型模拟电路和一个综合实验,并以母板及 PC 软件实现可视化的教学,在易用性、可操作性、可扩展性等方面做了很大的提升和改进,采用了按压可接触式和模块化的设计,可接触式解决了传统实验箱插线的问题,使得实验操作更加便捷,连接更加可靠及不易损坏,模块化设计的便捷在于学生可根据模拟电路的设计要求选择合适的子板,甚至自己设计子板,并配套数字母板部分,实现功能不同的模拟电路实验,进而完成综合性模拟电路实验,本实验箱已经为深圳大学生物医学工程专业 2016 级 3 个班同学开设 6 个典型模拟电路实验和 1 个综合实验,经过一学期使用和验证结果说明取得了较好的教学实践效果,后续会根据功能扩展要求进一步改进子板的

功能与性能设计,更有利于模拟电路的起步学习和提高学习。

参考文献

- [1] 王莉. 简易模拟电路实验箱设计[J]. 中国现代教育装备, 2015, 12(231): 16-18.
- [2] 张珂, 朱广伟, 詹雯. 多功能电子电路实验箱的开发[J]. 中国新技术新产品, 2011, 22(22): 1-2.
- [3] 颜国琼, 周毛华. 《模拟电子技术实验》教学创新探索[J]. 长江大学学报: 自科版, 2013, 28(10): 128-132.
- [4] 李志军, 陈万培, 于卫. 《模拟电路》实验教学改革探讨[J]. 实验科学与技术, 2013, 11(4): 7.
- [5] 陈亦文, 涂娟. 基于工程背景的“模拟电子技术”课程教学模式[J]. 南京: 电气电子教学学报, 2012, 34(3): 46-47.
- [6] 华成英, 童诗白. 模拟电子技术基础[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [7] 杨素行主编. 模拟电子技术基础简明教程[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [8] 李晓红, 王瑞荣. 光电检测技术与应用课程教学探讨[J]. 西部素质教育, 2018, 4(12): 193.
- [9] 张远岐, 任茂林, 刘国昌. 电路模拟数字综合实验箱的研制[J]. 实验室研究与探索, 2000, 19(5): 129-131.
- [10] 姚福安, 周长森. 建设电子设计立体化教学平台[J]. 实验室研究与探索, 2006, 25(6): 688-691.
- [11] 张士文. 工程实践与科技创新系列课程的实践[J]. 电气电子教学学报, 2012, 34(3): 61-63.
- [12] 周立功, 王祖麟, 陈明计, 等. ARM嵌入式系统基础教程[M]. 2版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.

编辑 钟晓